

SYSTEME DE POMPAGE D'UN FLUIDE CRYOGENIQUE

La présente invention concerne un système de pompage d'un fluide cryogénique.

L'invention trouve une application particulièrement avantageuse dans le domaine du pompage de fluides cryogéniques peu denses, tels que l'hydrogène et l'hélium, ainsi que leurs isotopes.

Pour comprimer de l'hydrogène, par exemple, on préfère, d'une manière générale, effectuer une compression par pompage de l'hydrogène liquide que de l'hydrogène gazeux, étant donné qu'il est plus facile de comprimer un volume de liquide qu'un volume de gaz, ce qui conduit par là même à une diminution des coûts de compression.

Toutefois, la génération d'hydrogène sous haute pression reste extrêmement coûteuse en terme d'énergie de compression. Les pertes par évaporation d'hydrogène liquide dans une pompe cryogénique peuvent aussi être importantes dans le cas où la pompe n'est pas utilisée de façon optimale. La réduction de ces pertes est un point essentiel pour optimiser les coûts d'obtention d'hydrogène sous haute pression.

Un des problèmes posés par les pompes cryogéniques en général, et les pompes d'hydrogène liquide en particulier, réside dans le fait que les fluides cryogéniques sont très peu denses, 70 g/l à 1 bar pour l'hydrogène par exemple. Cette densité très faible a pour conséquence d'entraîner un certain nombre d'inconvénients :

- d'une part, il est impossible de fournir à la pompe cryogénique la compensation de perte de charge d'entrée requise (appelée NPSH pour « Net Positive Suction Head ») par une simple installation physique du réservoir cryogénique source en charge sur le système de pompage. Par exemple, une pompe d'hydrogène liquide LH2 700 bar a un NPSH d'environ 250 mbar, ce qui correspond à une hauteur d'hydrogène liquide de 35 m. On comprend alors qu'il n'est pas possible de faire fonctionner la pompe avec un réservoir source installé en charge sur la pompe à une hauteur de 35 m ; les pertes de charge en ligne compenseraient en effet l'installation en charge du réservoir.

- d'autre part, l'hydrogène liquide saturé à basse pression est plus dense que l'hydrogène liquide saturé à haute pression. Par exemple, la densité de l'hydrogène saturé est, on l'a vu, de 70 g/l à 1 bar, mais elle n'est

plus que de 56 g/l à 7 bar. Sachant que les pompes cryogéniques sont des
5 pompes volumétriques, on en conclut qu'afin d'augmenter les quantités de
fluide cryogénique pompé il y a intérêt à rendre le fluide le plus dense
possible, donc à l'aspirer par la pompe à une pression la plus basse possible.

Le document EP-A-010464, au nom de la Demanderesse, décrit des
10 moyens de surveillance de séquence de démarrage de pompage de fluide
cryogénique relativement dense (azote liquide).

Aussi, un problème technique à résoudre par l'objet de la présente
invention est de proposer un système de pompage d'un fluide cryogénique,
comprenant un réservoir de fluide cryogénique, une pompe cryogénique
présentant une perte de charge d'entrée et une ligne d'aspiration reliant ledit
15 réservoir à ladite pompe, qui permettrait de remédier aux inconvénients liés à
la faible densité des fluides cryogéniques en terme de compensation de la
perte de charge d'entrée des pompes cryogéniques et de quantités de fluide
cryogénique aspiré.

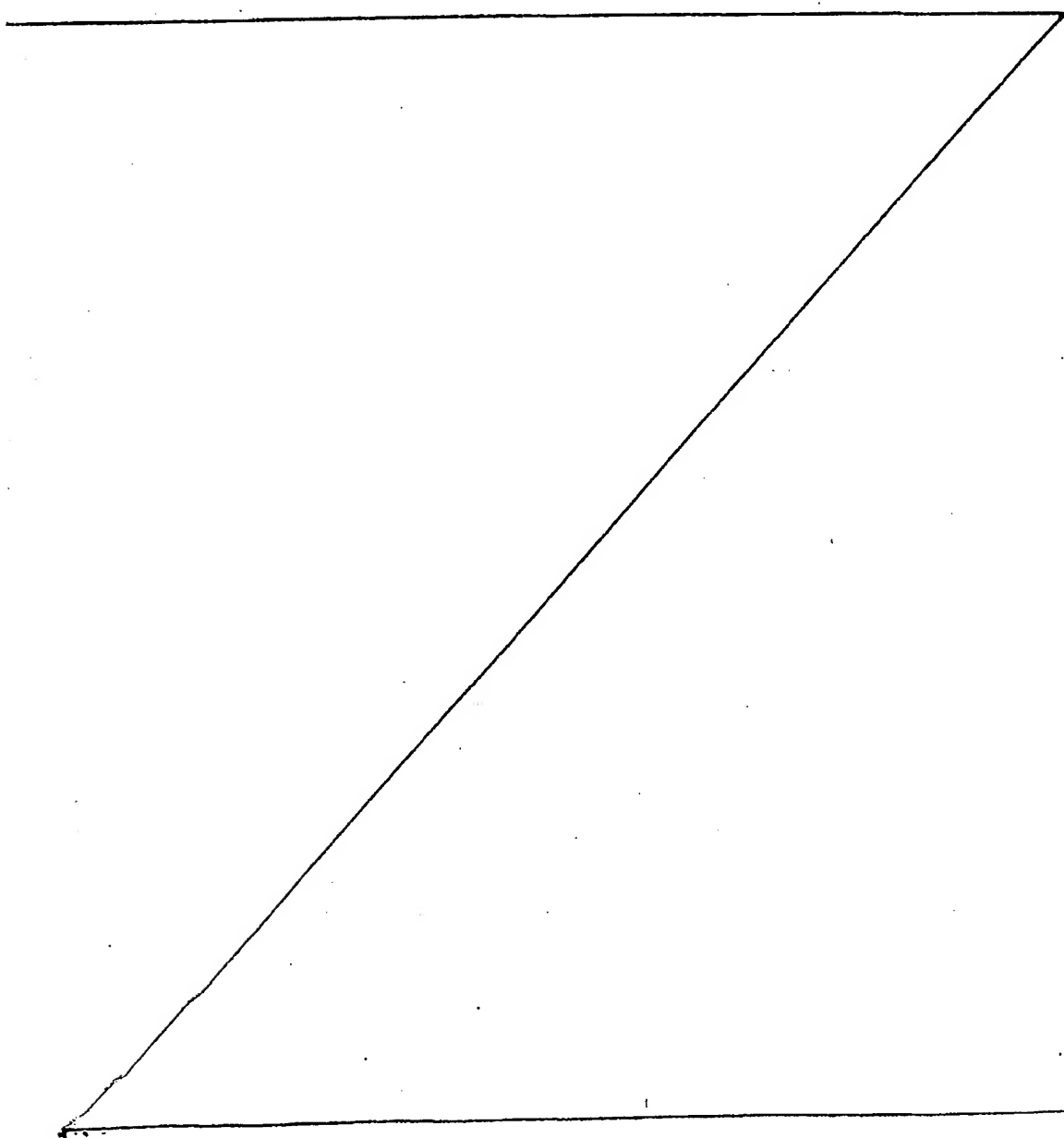
La solution au problème technique posé consiste, selon la présente
20 invention, en ce que ledit système de pompage comprend des moyens de
contrôle de pression aptes à maintenir la pression dans la ligne d'aspiration au
plus égale à la pression de saturation du fluide cryogénique augmentée de la
perte de charge d'entrée de la pompe cryogénique.

On obtient de cette manière un sous-refroidissement du fluide
25 cryogénique et une aspiration du fluide ainsi sous-refroidi. La compensation
de perte de charge d'entrée est ainsi réalisée, évitant tout phénomène de
cavitation, tandis que le fluide est maintenu à une pression suffisamment
faible pour rendre maximum la densité du fluide et donc la quantité pompée,
ceci contrairement aux systèmes existants pour lesquels aucun contrôle n'est
30 effectué sur la pression d'aspiration, le réservoir étant pressurisé une fois pour
toutes et la pression toujours supérieure au minimum théorique pour obtenir
une densité optimale.

2 -a-

5 Selon un mode de réalisation du système de pompage, objet de l'invention, lesdits moyens de contrôle de pression comprennent une vanne de pressurisation et une vanne de dépressurisation du réservoir de fluide cryogénique.

Plus spécialement, l'invention prévoit que lesdits moyens de contrôle comprennent un capteur de pression et un capteur de température du fluide



cryogénique dans la ligne d'aspiration, reliés à un bloc de contrôle apte à commander lesdites vannes de pressurisation et de dépressurisation.

Dans ce dernier cas, il est envisagé par l'invention que lesdits moyens de contrôle comprennent un bloc de calcul apte à calculer à partir de la température mesurée par ledit capteur de température une valeur minimale de la pression mesurée par ledit capteur de pression égale à la pression de saturation du liquide à ladite température augmentée de la perte de charge d'entrée de la pompe.

Un autre problème technique que se propose de résoudre l'invention concerne la possibilité de réaliser un fonctionnement en continu du système de pompage conforme à l'invention, les systèmes connus ne permettant pas un tel fonctionnement puisque la pompe doit être arrêtée à chaque fois que le réservoir est vide afin de le remplir et le mettre en pression avant de redémarrer la pompe.

La solution à ce problème technique consiste, selon la présente invention, en ce que ledit système comprend une pluralité de réservoirs de fluide cryogénique disposés en parallèle, au moins un réservoir étant rempli de fluide cryogénique pendant la vidange d'un autre réservoir.

La description qui va suivre en regard du dessin annexé, donné à titre d'exemple non limitatif, fera bien comprendre en quoi consiste l'invention et comment elle peut être réalisée.

La figure 1 est un schéma d'un système de pompage d'un fluide cryogénique conforme à l'invention.

Sur la figure 1 est représenté un système de pompage d'un fluide cryogénique, comprenant essentiellement deux réservoirs cryogéniques 8a, 8b montés en parallèle sur une même pompe 18 de fluide cryogénique liquide, chaque réservoir 8a, 8b étant reliés à ladite pompe 18 par une ligne 23a, 23b d'aspiration respective.

De l'hydrogène liquide saturé avec sa vapeur provenant d'une source 1 est introduit dans une ligne 2 isolée sous vide du système de pompage par l'intermédiaire d'une vanne 3 d'isolement de la source 1. Ce liquide est utilisé pour remplir successivement les réservoirs 8a, 8b, selon un mode de fonctionnement en continu qui sera détaillé plus loin dans la description.

Dans un premier temps, on supposera que le réservoir cryogénique 8a est rempli. La vanne 4a de remplissage du réservoir 8a est alors fermée; les vannes 10a de purge et 11a de retour bypass du réservoir 8a sont ouvertes, tandis que les vannes 10b de purge et 11b de retour bypass du réservoir 8b sont fermées. La pompe cryogénique 18 est en fonctionnement, la pression 19 de refoulement étant contrôlée par une vanne 21 de régulation du fluide haute pression située après un échangeur 20 apte à vaporiser du fluide haute pression.

La pression d'aspiration de la pompe mesurée par un capteur 14 de pression est contrôlée par des moyens de contrôle de façon à ce que la température mesurée dans la ligne 23a par un capteur 16 de température soit inférieure à la température de saturation du liquide cryogénique correspondant à cette pression. Plus précisément, les moyens de contrôle comprennent un bloc 17 de calcul de la valeur minimale de la pression 14 sur la ligne 23a d'aspiration telle que cette pression soit égale à la pression de saturation du liquide à la température 16 augmentée de la perte de charge d'entrée NPSH de la pompe 18.

Afin de maintenir la pression mesurée par le capteur 14 à la valeur de consigne déterminée par le bloc 17 de calcul, un bloc 15 de contrôle commande l'ouverture ou la fermeture d'une vanne 12a de pressurisation ou d'une vanne 7a de dépressurisation du réservoir 8a, le sélecteur 13 étant en position « A » puisque le réservoir 8a en cours de pompage est à ce moment le réservoir 8a.

On observera sur la figure 1 que la pressurisation du réservoir 8a, de même que celle du réservoir 8b, est réalisée au moyen d'une source 22 de gaz sous pression. Avantageusement, le gaz de pressurisation de la source 22 de gaz sous pression est une partie du fluide pressurisé par la pompe 18.

Il résulte de ce qui précède que la pompe 18 est efficacement protégée contre la cavitation et qu'en même temps le fluide pompé est le plus dense possible, conformément au but recherché par l'invention.

Entre temps, le deuxième réservoir 8b est rempli de fluide liquide saturé avec sa vapeur.

Lorsque le réservoir 8a est vide, le détecteur 9a de niveau bas devient actif et le système ferme la vanne 4b puis ouvre les vannes 10b de purge et 11b de retour bypass du réservoir 8b. Les vannes 10a et 11a sont fermées et le réservoir 8a est rempli via la vanne 4a de remplissage, tandis que la
5 séquence de pompage et de contrôle de la pression du réservoir 8b commence.

On obtient ainsi une production en continu de fluide cryogénique sous pression.

REVENDICATIONS

1. Système de pompage d'un fluide cryogénique, comprenant au moins un réservoir (8a,8b) de fluide cryogénique, une pompe (18) cryogénique
5 présentant une perte (NPSH) de charge d'entrée et une ligne (23a,23b) d'aspiration reliant ledit réservoir (8a,8b) à ladite pompe (18), caractérisé en ce qu'il comprend des moyens (15) de contrôle de pression dans la ligne d'aspiration (23a, 23b) comprenant des moyens commandés de pressurisation (12a, 12b) et de dépressurisation (7) du réservoir (8a, 8b) aptes à maintenir la
10 pression dans la ligne (23a,23b) d'aspiration au plus égale à la pression de saturation du fluide cryogénique augmentée de la perte (NPSH) de charge d'entrée de la pompe cryogénique (18).

2. Système de pompage selon la revendication 1, caractérisé en ce que
15 lesdits moyens de contrôle comprennent un capteur (14) de pression et un capteur (16) de température du fluide cryogénique dans la ligne (23a,23b) d'aspiration, fournissant des signaux à un bloc (15) de contrôle apte à commander lesdits moyens de pressurisation (12a,12b) et de dépressurisation (7).

3. Système de pompage selon la revendication 2, caractérisé en ce que
20 lesdits moyens de contrôle de pressurisation et dépressurisation comprennent une vanne (12a,12b) de pressurisation et une vanne (7) de dépressurisation du réservoir (8a,8b).

4. Système de pompage selon la revendication 2 ou la revendication 3,
25 caractérisé en ce que lesdits moyens de contrôle comprennent un bloc (17) de calcul apte à calculer à partir de la température mesurée par ledit capteur (16) de température une valeur minimale de la pression mesurée par ledit capteur (14) de pression égale à la pression de saturation du liquide à ladite température augmentée de la perte (NPSH) de charge d'entrée de la pompe (18).

30 5. Système de pompage selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'il comprend au moins deux réservoirs (8a,8b) de fluide

cryogénique disposés en parallèle, au moins un réservoir étant rempli de fluide cryogénique pendant la vidange d'un autre réservoir.

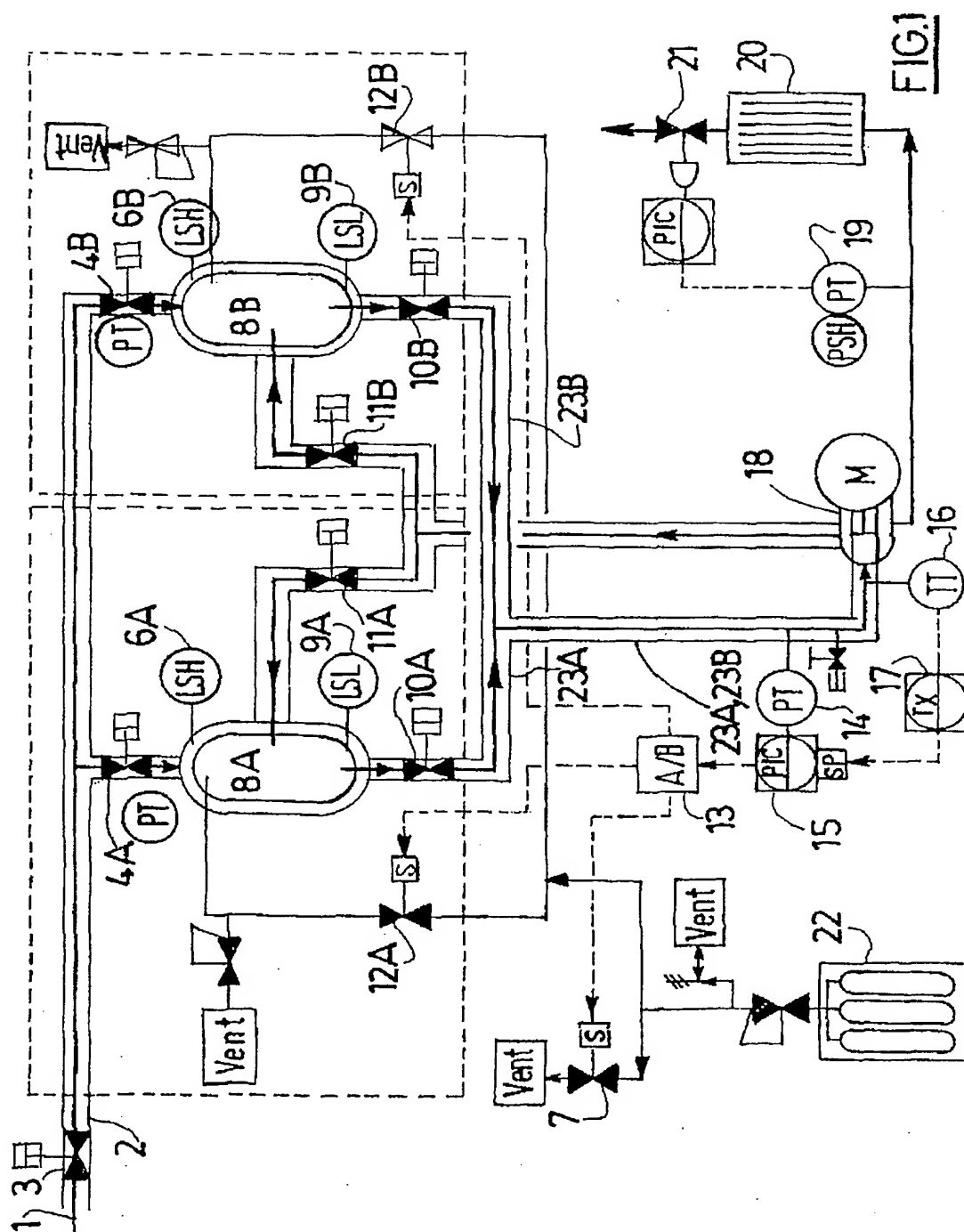
5 6. Système de pompage selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que lesdits réservoirs (8a,8b) sont remplis de fluide cryogénique saturé avec sa vapeur.

7. Système de pompage selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que ledit fluide cryogénique est un fluide peu dense.

8. Système de pompage selon la revendication 7, caractérisé en ce que ledit fluide cryogénique peu dense est de l'hydrogène ou de l'hélium.

10 9. Système de pompage selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que la pressurisation du réservoir (8a, 8b) est réalisée au moyen d'une source (22) de gaz sous pression.

15 10. Système de pompage selon la revendication 9, caractérisé en ce que le gaz de pressurisation de la source (22) de gaz sous pression est une partie du fluide pressurisé par la pompe (18).



THIS PAGE BLANK (USPTO)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/FR2005/050098

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 F04B15/08 F04D27/02 F04B49/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F04D F04B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 010 464 A (AIR LIQUIDE) 30 April 1980 (1980-04-30) page 1, lines 21-27 page 2, line 29 - page 3, line 6 page 3, line 28 - page 4, line 15 figures 1,2	1-4,7-10
X	FR 2 506 400 A (AIR LIQUIDE) 26 November 1982 (1982-11-26) page 2, line 28 - page 3, line 12 page 5, line 28 - page 6, line 19 claim 1 figure 1	1-4,7,8

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

13 June 2005

Date of mailing of the international search report

21/06/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Giorgini, G

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/FR2005/050098

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 16 53 732 A (KLEIN SCHANZLIN & BECKER AG) 23 December 1971 (1971-12-23) page 4, lines 8-24 page 5, lines 7-22 figure 1	1-3,7,8
A	US 6 220 037 B1 (HEILMAN PAUL W) 24 April 2001 (2001-04-24) column 6, lines 3-30 figure 1	1,7,8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR2005/050098

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
EP 0010464	A	30-04-1980	FR	2439881 A1	23-05-1980
			EP	0010464 A1	30-04-1980
			JP	55057696 A	28-04-1980
FR 2506400	A	26-11-1982	FR	2506400 A1	26-11-1982
DE 1653732	A	23-12-1971	DE	1653732 A1	23-12-1971
US 6220037	B1	24-04-2001	AU	6300700 A	19-02-2001
			CA	2380438 A1	08-02-2001
			DE	60017265 D1	10-02-2005
			EP	1204822 A1	15-05-2002
			WO	0109511 A1	08-02-2001
			NO	20020368 A	20-03-2002

THIS PAGE BLANK (USPTO)

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No

PCT/FR2005/050098

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE

CIB 7 F04B15/08 F04D27/02 F04B49/06

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 F04D F04B

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie °	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	EP 0 010 464 A (AIR LIQUIDE) 30 avril 1980 (1980-04-30) page 1, ligne 21-27 page 2, ligne 29 - page 3, ligne 6 page 3, ligne 28 - page 4, ligne 15 figures 1,2	1-4,7-10
X	FR 2 506 400 A (AIR LIQUIDE) 26 novembre 1982 (1982-11-26) page 2, ligne 28 - page 3, ligne 12 page 5, ligne 28 - page 6, ligne 19 revendication 1 figure 1	1-4,7,8
	----- --/--	

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

° Catégories spéciales de documents cités:

- *A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- *E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- *L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- *O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- *P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- *T* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- *X* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- *Y* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- *Z* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

13 juin 2005

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

21/06/2005

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Giorgini, G

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No
PCT/FR2005/050098

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	DE 16 53 732 A (KLEIN SCHANZLIN & BECKER AG) 23 décembre 1971 (1971-12-23) page 4, ligne 8-24 page 5, ligne 7-22 figure 1	1-3,7,8
A	US 6 220 037 B1 (HEILMAN PAUL W) 24 avril 2001 (2001-04-24) colonne 6, ligne 3-30 figure 1	1,7,8

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale No

PCT/FR2005/050098

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 0010464	A	30-04-1980	FR 2439881 A1	23-05-1980
			EP 0010464 A1	30-04-1980
			JP 55057696 A	28-04-1980
FR 2506400	A	26-11-1982	FR 2506400 A1	26-11-1982
DE 1653732	A	23-12-1971	DE 1653732 A1	23-12-1971
US 6220037	B1	24-04-2001	AU 6300700 A	19-02-2001
			CA 2380438 A1	08-02-2001
			DE 60017265 D1	10-02-2005
			EP 1204822 A1	15-05-2002
			WO 0109511 A1	08-02-2001
			NO 20020368 A	20-03-2002

THIS PAGE BLANK (USPTO)